

УДК 620.9

Обозов Алайбек Джумабекович - д.т.н., профессор,  
Ашимбекова Бекайым Ашимбековна - магистрант,  
КГТУ им. И.Раззакова,  
[obozov-a@mail.ru](mailto:obozov-a@mail.ru),

## **МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ОБЛЕДЕНЕНИЕМ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ**

*Настоящая статья посвящена проблеме обледенения проводов воздушных линий в условиях высокогорья. Описываются современные методы, предлагаемые для решения данной проблемы. Осуществляются вопросы их применения в условиях Кыргызской Республики, сформулированы цели и задачи последующих исследований.*

*Ключевые слова: линия электропередач, обледенение, надежность, электроснабжение, методы борьбы, труднодоступные места, горная местность, энергоэффективные способы.*

Obozov Alaybek Dzhumabekovich  
Doctor of technical sciences, professor,  
Ashimbekova Bekayim Ashimbekovna –graduate student,  
KSTU named after I.Razzakov,  
[obozov-a@mail.ru](mailto:obozov-a@mail.ru)

## **ANTI-ICING METHODS IN OVERHEAD POWER TRANSMISSION LINES**

*This article is devoted to the problem of icing of wires of overhead power transmission lines in high altitude conditions. The modern methods proposed for solving this problem are described. The issues of their application in the conditions of the Kyrgyz Republic are being implemented, and the goals and tasks of subsequent research have been formulated.*

*Key words: power transmission line, icing, reliability, power supply, fighting methods, hard-to-reach places, highlands, energy-efficient methods.*

Электроэнергетика Кыргызской Республики является основной отраслью реального сектора экономики. Рост данной отрасли тесно связан с расширением сфер пользования электроэнергией и повышением требований к надежному и бесперебойному энергоснабжению. Сосредоточение генерирующих электростанций находится центральных и южных регионах страны, а основной частью потребителей является северная область республики. В следствии возникает проблема транспортировки электроэнергии на дальние расстояния через горные местности. Сохранение надежности при эксплуатации высоковольтных линий передач является одной из важнейших задач.

В этих условиях проблемой в эксплуатации воздушных линий электропередач является обледенение проводов (Рис.1). Возникает необходимость в поиске и анализе методов борьбы с гололедом на проводах воздушных линий.



Рис.1 Характерное обледенение провода ЛЭП

**Механический метод.** Наиболее используемый метод борьбы с ледяным покрытием. Заключается этот способ в сбивании льда с проводов при помощи длинных шестов, с земли или вышек и площадок, установленных на механизмах или транспортных средствах [3,4]. Для обивки используются шесты из различных материалов (дерево, бамбук, стеклопластик или бакелит). Обивка осуществляется боковыми ударами, которые вызывают волнообразные колебания провода, при этом гололедные образования ломаются и осыпаются, но такой способ требует доступа к ЛЭП, что нарушает нормальную работу участка. Обивка является достаточно трудоемким и время затратным процессом и требует большого количества рабочих. К тому же механическое воздействие не препятствует обледенению, а лишь устраняет его. Помимо использования традиционных механических методов борьбы с гололедом в настоящее время активно разрабатываются различные механические и робототехнические системы для определения появления льда и его ликвидации с проводов ЛЭП.

Таким приспособлением, например, является электроимпульсное передвижное устройство, управляемое с земли, которое за достаточно короткий промежуток времени освобождает от обледенения провод в пролете длиной двести шестьдесят метров. Специалисты управляют роботом дистанционно, в режиме реального времени, таким образом они могут обнаружить повреждение, удалить лед с проводов и выполнить простой ремонт. Такой формат работы является экономически выгодным, так как для осмотра не нужно обесточивать линию электропередач, а также позволяет снижать риски, повышать безаварийность работы и безопасность работы людей.

Более эффективно устройство айс-скайпер (рис.2), которое представляет собой питаемую от аккумуляторных батарей, перемещающуюся по проводу каретку, оснащенную режущими устройствами высокой прочности, взламывающими за счет толкающих усилий каретки гололедную корку, очищая провод от отложений [5]. К недостаткам робота можно отнести: необходимость специальной техники (автовышка) и обслуживающего персонала, для установки робота на провод и снятие его с провода, а также перевеса с одного провода на другой, что повышает финансовые затраты и затрудняет его использование в труднодоступных районах, высокая стоимость самого робота. К тому же при большой протяженности линий необходимо большое количество таких роботов с обслуживающим персоналом, что является экономически невыгодным.



Рис. 2. Дистанционно управляемое устройство для механического удаления льда

**Электротермические методы.** Электротермические методы удаления льда заключаются в нагреве проводов электрическим током, обеспечивающим предотвращение образования льда – профилактический подогрев или его плавку [6]. Профилактический подогрев проводов заключается в искусственном повышении тока сети ЛЭП до такой величины, при которой провода нагреваются до температуры выше  $0^{\circ}\text{C}$ . Поскольку при такой температуре гололед на проводах не откладывается. Длительность подогрева вызывает значительные расходы электрической энергии, поэтому на практике такой способ находит очень ограниченное применение. Ледяную корку на высоковольтных линиях ликвидируют, нагревая провода постоянным или переменным током частотой 50 Гц до температуры  $100\text{-}130^{\circ}\text{C}$ , причем для каждой отдельной линии время плавки свое, оно зависит от погодных условий и толщины гололедной муфты. Реализация такого способа требует отключения ЛЭП от генерирующих источников на длительное время, а действительное время плавки ледяных отложений должно быть гораздо больше, чем расчетное, для подсушивания проводов, после полного очищения от обледенения, что может привести к необратимым пластическим деформациям проводов. Плавка льда переменным током используется для ЛЭП с низким значением напряжения (менее 220 кВ), с учетом системы энергоснабжения и технических характеристик, вполне возможно использование и переменного тока. С помощью специальных трансформаторов в кольцевой системе создаются дополнительные контурные токи, что позволяет нагревать провода и предотвратить образование льда. Замечательно то, что здесь не требуется отключения энергии, как в случае с использованием постоянного тока, и таким образом обеспечивается бесперебойная работа сети.

Недостаток электротермического способа: энергозатратен, на плавление льда тратится много времени (может достигать полутора часов), и энергии сети (ток плавки льда в 1,5 раз больше максимально допустимого для линии электропередачи).

**Физико-химические методы.** Физико-химический способ, заключается в нанесении на провода растворов специальных веществ, которые замерзают при температурах значительно более низких, чем вода [1]. Метод предполагает получение супергидрофобных покрытий. Такие антиобледенительные покрытия снижают до нуля адгезию воды (переохлажденный дождь и переохлажденный провод), в несколько раз снижает прилипание мокрого и сухого снега, в 2–3 раза снижает адгезию изморози. Если все же провод покроется ледяной коркой, то от нее без затруднений можно избавиться. Нанесенное на алюминиевый провод для защиты от гололедных отложений супергидрофобное покрытие способно выдержать до ста циклов заморозки и разморозки без существенной деградации текстуры и супергидрофобного состояния. При температуре  $-5^{\circ}\text{C}$  и скорости ветра 10 м/с спустя минуту на алюминиевом образце

без покрытия уже появляется слой льда, а на алюминиевом образце с супергидрофобным покрытием нет.

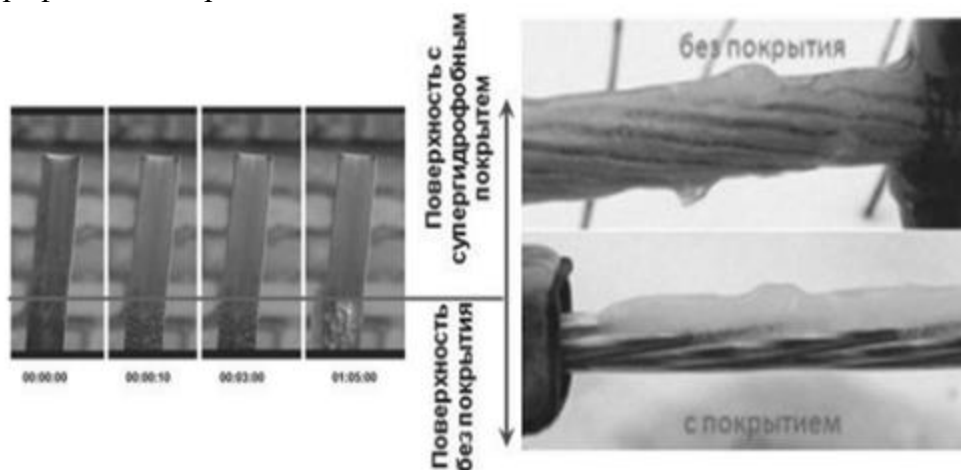


Рис.3. Испытания супергидрофобных покрытий в потоке водного аэрозоля при температуре  $-5^{\circ}\text{C}$  и скорости ветра  $10\text{ м/с}$

Данный способ существенно превышает эффективность традиционных и позволяет говорить о новом физико-химическом подходе в борьбе с обледенением проводов ЛЭП. Недостатком такого метода является достаточно непродолжительный срок действия «незамерзающих жидкостей», а регулярно наносить их на сотни, а то и тысячи километров проводов нереально.

**Электромеханические методы.** Сущность данного метода состоит в комбинированном (механическом и тепловом) воздействии на провода. Если через провода пропускать импульсы тока определенной скважности и амплитуды, то под действием силы Ампера, возникающей при протекании по параллельным проводам электрического тока, провода будут испытывать силовые возмущения, приводящие их в колебательное движение [2]. Для максимальной эффективности процесса разрушения ледяного покрытия, необходимо чтобы частота вынужденных колебаний совпадала с собственной частотой проводов с намерзшим на них льдом. При возникновении резонанса удаление ледяных отложений происходит более эффективно и менее энергозатратно.

Могут существовать и другие способы решения данной проблемы. Как **замена старых проводов**, то есть не изобретать никаких второстепенных приборов для очистки проводов ото льда, а создать новые высокотехнологичные провода со следующими к ним требованиями:

- увеличить пропускную способность существующих линии;
- снизить механические нагрузки, прикладываемые к опорам ЛЭП, из-за пляски проводов;
- повышение коррозионной стойкости проводов и тросов;
- снижение риска обрыва провода при частичном повреждении нескольких внешних проволок из-за внешних воздействий, в том числе в результате удара молнии;
- улучшение механических свойств проводов при налипании снега или образовании льда.

Для этого, внешние слои провода нужно выполнять из таких проводников, которые будут плотно прилегать друг к другу. Таким образом, за счет более плотной скрутки проводников и более гладкой внешней поверхности возможно использование более тонких и более легких проводов. Это, в свою очередь приводит к снижению электрических потерь в проводах (на  $10 - 15\%$ ), в том числе потери на корону, и повышению механической прочности конструкции. Благодаря плотной скрутке

практически исключается проникновение во внутренние слои воды и загрязнений, следовательно, снижается коррозия внутренних слоев провода.

#### **Выводы:**

Подводя итоги проведённого анализа и опыта практического использования способов борьбы с обледенением воздушных линий можно видеть, что интенсивность образования гололёдно-изморозевых отложений зависит от скорости ветра, температуры окружающего воздуха, от рельефа местности и расположения проводов к направлению ветра. Наибольшие отложения отмечаются на возвышенных участках трассы линий.

На сегодняшний день задача борьбы с обледенением проводов в условиях высокогорья является весьма актуальной. Существующие методы борьбы с обледенением проводов ВЛ, не эффективны, имеют ряд недостатков, а именно требуют постоянного участия персонала, больших затрат энергии и средств.

Таким образом можно констатировать, что для решения данной проблемы необходимо проведение специальных научных исследований, разработка новой технологии и метода, который позволял бы использовать автономное управление, минимизировать потери и уменьшить воздействие на сети без отключения участка ВЛ.

Этим исследованиям и будут посвящены дальнейшие работы.

#### **Литература:**

1. **Бойнович, Л.Б.** Методы борьбы с обледенением ЛЭП: перспективы и преимущества новых супергидрофобных покрытий // [Текст] / Емельянов А.М. // Журнал ЭЛЕКТРО № 6/2011. <http://www.ess.ru/>.
2. **Герасимова, В.Г.** Производство, передача и распределение электрической энергии // [Текст] / Под общ. ред. профессоров МЭИ (гл. ред. А.И. Попов). Электротехнический справочник в 4-х т. 9-е изд., стер. М.: Изд-во МЭИ, 2004, Т. 3. 964 с.
3. **Дьяков, А.Ф.** Предотвращение и ликвидация гололедных аварий в электрических сетях. [Текст] / Пятигорск: Изд-во РП «Южэнерготехнадзор», 2000. 284 с.
4. **Левченко, И.И.** Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи в гололедных районах [Текст] / М.: Издательский дом МЭИ, 2007. 448 с.
5. **Никитина, И.Э.** Нефтегазовое дело. [Текст] / Абдрахманов Н.Х., Никитина С.А. Способы удаления льда с проводов линий электропередачи/ И.Э. Никитина, Н.Х. Абдрахманов, С.А. Никитина - 2015. - №3. – С.794-823
6. **Рудакова, Р.М.** Борьба с гололедом в электросетевых предприятиях [Текст] Уфа: Изд-во УГАТУ, 1995. 125 с.